

(11)Publication number : 10-295004

(43)Date of publication of application : 04.11.1998

(51)Int.Cl.

B60L 15/20

(21)Application number : 09-101466

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 18.04.1997

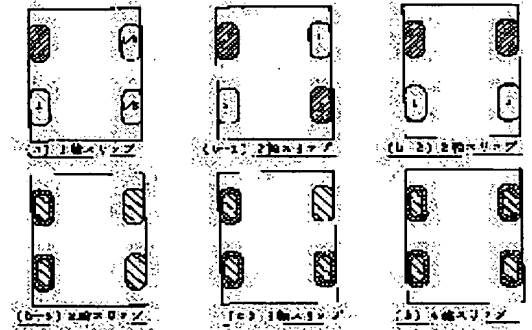
(72)Inventor : OKUDA KENZO

(54) DRIVE AND CONTROL EQUIPMENT FOR ELECTRIC VEHICLE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a wheel-in-motor type four-wheel drive electric vehicle capable of realizing 4WD-control and a control equivalent to TRC/ABS.

SOLUTION: If only one wheel out of four wheels is slipping (a), an output torque to be distributed to the slipping wheel is applied to a non-slip wheel located on the same side, left side or right side. If two wheels are slipping, and they are respectively located at the left side and the right side (b-1, b-2), the torque output should have been distributed equally to non-slip wheels on the same side. If 3 wheels are slipping (c), 4 wheels (d) are slipping, or 2 wheels are slipping and are located on the same side such as the left or the right side (b-3), the control equal to TRC/ABS is carried out.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-295004

(43) 公開日 平成10年(1998)11月4日

(51) IntCl.⁶

B 6 0 L 15/20

識別記号

F I

B 6 0 L 15/20

Y

S

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平9-101466

(22) 出願日 平成9年(1997)4月18日

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 奥田 謙造

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

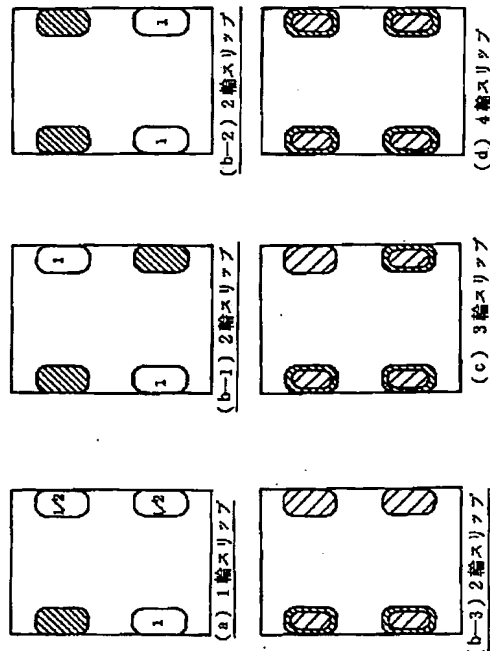
(74) 代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 電気自動車用駆動制御装置

(57) 【要約】

【課題】 4WD制御及びTRC/ABS相当制御を実行可能なホイールインモータ型の4輪駆動電気自動車を実現する。

【解決手段】 4個の駆動輪のうち1輪のみがスリップしているときは(a)、左側及び右側のうちスリップ輪と同じ側にある非スリップ輪に、スリップが発生していなければスリップ輪に配分されるはずであった出力トルクを配分する。スリップ輪が2輪ありそれらが左側及び右側に1個ずつあるときには(b-1、b-2)、スリップしていなければそのスリップ輪に配分されるはずであったトルク出力を、同じ側にある非スリップ輪に配分する。スリップ輪に3輪あるとき(c)、4輪あるとき(d)及びスリップ輪が2輪ありかつ当該スリップ輪がいずれも左側又は右側にあるとき(b-3)には、TRC/ABS相当制御を実行する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 対応するモータの出力トルクにてそれぞれ回転駆動される駆動輪を m 個（ m は3以上の自然数）以上有する電気自動車に搭載され、各モータに対し出力トルク値を指令する駆動制御装置において、各駆動輪を現在スリップ又はその傾向が生じているか否かによりスリップ輪と非スリップ輪とに弁別するスリップ輪検出手段と、非スリップ輪が車体の左側及び右側に少なくとも1個ずつあるときに、車体に新たなヨー方向モーメントが作用しないよう調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令する m 輪駆動制御手段と、を備えることを特徴とする駆動制御装置。

【請求項2】 対応するモータの出力トルクにてそれぞれ回転駆動される駆動輪を m 個（ m は3以上の自然数）以上有する電気自動車に搭載され、各モータに対し出力トルク値を指令する駆動制御装置において、各駆動輪を現在スリップ又はその傾向が生じているか否かによりスリップ輪と非スリップ輪とに弁別するスリップ輪検出手段と、非スリップ輪が車体の左側に1個もないとき及び右側に1個もないときに、スリップ輪のスリップ状態に応じ調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するTRC/ABS相当制御手段と、を備えることを特徴とする駆動制御装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、 m 個（ m は3以上の自然数）以上駆動輪を有し各駆動輪に対応してモータを設けた電気自動車に搭載され、スリップ時における走行安定性が高まるよう各モータを制御する駆動制御装置に関する。

【0002】

【従来の技術】在来エンジン車両に関しては、前後左右の合計4輪に対しエンジンの出力を分配することにより、そのうち1乃至2輪がスリップしたときでも引き続き走行安定性を維持しながら車両を走行させることを可能にした4輪駆動（4WD）なる技術が開発されている。この4WDの技術は、車載のモータにて推進される車両である電気自動車にも適用可能である。例えば、1個のモータの出力を機械的に4輪に分配するタイプの電気自動車は、各駆動輪へのトルク供給手法の点では、エンジンの出力を機械的に4輪に分配する在来エンジン車両と本質的に相違がない。従って、このタイプの電気自動車には、在来エンジン車両における4WDを比較的単純に適用できる。

【0003】電気自動車には、各駆動輪にそれぞれ対応してモータを設け各駆動輪を各々独立に回転駆動できるようにした各駆動輪独立駆動型の電気自動車もある。このタイプの電気自動車は、駆動輪毎にモータを設けているためディファレンシャルギア等の分配機構が不要で従って低伝達ロス低エネルギー消費であるから車載バッテリ

を小型化できる、対応する駆動輪のみを駆動できればよいため通常のいわゆるワンモータ型電気自動車に比べモータを小さくできる、等の利点を有している。例えば特開平2-262806号公報には、前後左右の合計4輪にモータを設け各駆動輪を各々独立に回転駆動できるようにした各駆動輪独立駆動型電気自動車が開示されている。なお、各駆動輪独立駆動型電気自動車の代表例としては、モータを各駆動輪に埋め込んだ或いは一体化したタイプの電気自動車即ちホイールインモータ型電気自動車が掲げられる。ホイールインモータ型電気自動車は、モータが駆動輪にビルトインされているため集積性が高く車室空間が広がる等の利点を有している。

【0004】各駆動輪独立駆動型電気自動車は、ディファレンシャルギア等の分配機構を用いて機械動力を各駆動輪に分配する在来エンジン車両又はワンモータ型電気自動車とは、各駆動輪へのトルク供給手法の点で、本質的に異なっている。従って、在来エンジン車両又はワンモータ型電気自動車における4WDを各駆動輪独立駆動型電気自動車へと単純適用することはできない。そこで、例えば特開平2-262806号公報に記載の車両では、各モータに対する回転数指令の値を路面状態に応じ決定し、決定した回転数指令値に基づきモータ速度制御を実行するという手法で、4WDを実行している。即ち、各駆動輪独立駆動型電気自動車の特質であるところの“各駆動輪を各々独立に回転駆動できる”ことを利用して、4WDを実現している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、モータの出力制御の方法としては、速度制御（回転数制御）の他に、トルク制御がある。トルク制御は、車両操縦者からの加減速要求を忠実に実現しやすいという利点を有している。従って、各駆動輪独立駆動型電気自動車でも、モータのトルク制御を行うのが望ましい。しかし、モータ出力をトルク制御する各駆動輪独立駆動型電気自動車においては、“各駆動輪を各々独立に回転駆動できる”という特質に着目して4WDを実現しようすると、新たな問題が生じる。即ち、“各駆動輪を各々独立に回転駆動できる”ということは、裏返せば、“設けられている全てのモータに対し常にその出力値に関する指令を与え続けねばならない”ということであるから、現在スリップ又はその傾向を呈している駆動輪に対応するモータに対しどのような値の出力トルクを指令すればよいか、また他の駆動輪に対応するモータに対しどのような値の出力トルクを指令すればよいか等の事項が、新たな問題となる。

【0006】本発明の目的の一つは、ホイールインモータ型電気自動車に代表される各駆動輪独立駆動型電気自動車において、各駆動輪におけるスリップ又はその傾向の発生状況、特にスリップ又はその傾向を呈している駆動輪（スリップ輪）とその他の駆動輪（非スリップ輪）の

位置及び個数に応じて出力トルクの指令値を決定することにより、モータトルク制御による4WD（より一般にはm輪駆動：mWD。mは3以上の自然数）を実現することにある。本発明の目的の一つは、スリップ輪及び非スリップ輪の位置及び個数に応じ、適宜、在来エンジン車におけるTRC（Traction Control）又はABS（Anti lock Break System）に相当する制御を起動することにより、車両の走行安定性を維持達成できるようにすると共に、この制御即ちTRC／ABS相当制御をモータトルク制御にて実現し制動用流体の圧力例えば油圧の操作を不要にすることにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の第1の構成は、対応するモータの出力トルクにてそれぞれ回転駆動される駆動輪をm個以上有する電気自動車に搭載され、各モータに対し出力トルク値を指令する駆動制御装置において、各駆動輪を現在スリップ又はその傾向が生じているか否かによりスリップ輪と非スリップ輪とに弁別するスリップ輪検出手段と、非スリップ輪が車体の左側及び右側に少なくとも1個ずつあるときに、車体に新たなヨー方向モーメントが作用しないよう調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するm輪駆動制御手段と、を備えることを特徴とする。本構成では、非スリップ輪が車体の左側及び右側に少なくとも1個ずつあれば、各モータの出力トルク制御（例えばスリップ輪に対応するモータの出力トルクをカットし、非スリップ輪のみにて要求加減速を実現できるよう、各モータの出力トルクを制御すること）によって、ヨー方向モーメントの発生を防ぎながらmWDを実現している。これにより、スリップ時に迅速に走行安定性を回復できる信頼性の高い走行安定性制御が実現される。

【0008】本発明の第2の構成は、対応するモータの出力トルクにてそれぞれ回転駆動される駆動輪をm個（mは3以上の自然数）以上有する電気自動車に搭載され、各モータに対し出力トルク値を指令する駆動制御装置において、各駆動輪を現在スリップ又はその傾向が生じているか否かによりスリップ輪と非スリップ輪とに弁別するスリップ輪検出手段と、非スリップ輪が車体の左側に1個もないとき及び右側に1個もないときに、スリップ輪のスリップ状態に応じ調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するTRC／ABS相当制御手段と、を備えることを特徴とする。本構成においては、出力トルク値に関する指令の調整によりTRC／ABS相当制御が実現されるため、制動用流体の圧力例えば油圧の操作なしで、従ってそのためのバルブ、ポンプ等を設けることなしに、スリップ時に走行安定性を迅速に回復できる。また、スリップ輪及び非スリップ輪の位置及び個数に応じてTRC／ABS相当制御が起動されるため、適切な状況下でTRC／ABS相当制御が動作し、従って信頼性の高い走行安定性制御が実現される。

【0009】以下、上記構成に関し、実施形態を以てより詳細に説明する。なお、本願の説明では、本発明を「駆動制御装置」の発明であると述べているが、本発明は「駆動制御方法」「電気自動車」等としても表現できる。かかる表現への変更は、本願の開示内容を参照した当業者には容易であろう。また、以下の説明ではホイールタイプの三相交流モータを例示するが、本発明は他の種類のモータにも適用できる。本発明は、4WDのみならずmWDに適用できる。TRC／ABS制御の手法は特開平8-182119号公報や特願平9-8693号に開示のものには限定されない。

【0010】

【発明の実施の形態】

（1）システム構成

図1に、本発明を実施するのに適する電気自動車のシステム構成を示す。この図に示す電気自動車はホイールインモータ型の4輪駆動電気自動車である。すなわち、右前輪10FR、左前輪10FL、右後輪10RR及び左後輪10RLに、それぞれモータ12FR、12FL、12RR及び12RLが組み込まれている。図2に、右後輪10RRを例として、組み込み方の例を示す。この図では、タイヤ14と一体に回転できるようホイール16の内側にロータを固定する一方で、モータ軸20を介しリアアクスル22にステータ24を固定し、ベアリング等を介してステータ24をロータ18と継合している。さらに、ロータ18の外壁面にステータ24と微小間隙をもって対向するようロータマグネット（永久磁石）26を固定する一方で、ステータ24にはステータ巻線28を巻回しており、ステータ巻線28に電流を流すためのケーブル30をモータ軸20内を介してステータ巻線28に接続している。このような構造において、ケーブル30を介しステータ巻線28に交流電流を供給することにより、ロータ18は回転し、車両の推進力を生む。なお、本発明の実施に際しては、他種のホイールインモータ構造を用いても構わない。また、各駆動輪に対応してモータが設けられているのであれば、ホイールインモータ型でない電気自動車にも、本発明を適用することができる。

【0011】図1に示されるバッテリー32は、モータ12FR、12FL、12RR及び12RLへの駆動電力供給源であり、その放電出力はインバータ34FRを介しモータ12FRに、インバータ34FLを介しモータ12FLに、インバータ34RRを介しモータ12RRに、そしてインバータ34RLを介しモータ12RLに、それぞれ供給されている。インバータ34FR、34FL、34RR及び34RLは、電力変換器の一種である。すなわち、インバータ34FRは、モータ制御部36FRの制御のもとに、バッテリー32の放電出力（直流）をモータ12FRに適する電力形式（この図では三相交流）に変換する。同様に、インバータ34FLはモ

ータ制御部36FLの制御のもとに、インバータ34RRはモータ制御部36RRの制御のもとに、インバータ34RLはモータ制御部36RLの制御のもとに、それぞれ、バッテリー32の放電出力を対応するモータに適する電力形式に変換する。更に、モータ制御部36FRはトルク指令TFRに応じて、モータ制御部36FLはトルク指令TFLに応じて、モータ制御部36RRはトルク指令TRRに応じて、そしてモータ制御部36RLはトルク指令TRLに応じて、対応するインバータを制御することにより、対応するトルク指令に相当するトルクを対応するモータから出力させる。モータ制御部36FR、36FL、36RR及び36RLに与えられるトルク指令TFR、TFL、TRR及びTRLは、いずれも車両制御部38にて生成されている。なお、モータ制御部36FR、36FL、36RR及び36RLは、上述した電力変換制御のほか、対応するインバータと車両制御部38との間を絶縁分離する機能を有している。更に、モータ36FR、36FL、36RR及び36RLによる対応するインバータの制御は、図示しない電流センサから得た対応するモータの各相電流検出値に基づき、あるいはロータ角度位置等から求めた対応するモータの各相電流推定値に基づき行う。

【0012】車両制御部38は、モータ12FR、12FL、12RR及び12RLの出力トルクの制御、車載各コンポーネントの状態監視・制御、車両乗員への車両状態の報知、その他の機能を担う制御部材であり、従来から用いられている電子制御ユニット（ECU）の主にソフトウェア的な改変にて実現できる。車両制御部38には、車両各部に設けたセンサ類の出力が入力され、車両制御部38は、センサ類の出力をモータ出力制御や車両状態監視に利用する。

【0013】例えば、右前輪10FRのホイールに設けられている車輪速センサ40FR（例えばレゾルバ）は、右前輪10FRの車輪速VFRを示す信号（例えば微小角度位置変位毎のパルス信号）を生成し、車両制御部38に供給する。同様に、左前輪10FLのホイールに設けられている車輪速センサ40FLは左前輪10FLの車輪速VFLを示す信号を、右後輪10RRのホイールに設けられている車輪速センサ40RRは右後輪10RRの車輪速VRRを示す信号を、そして左後輪10RLのホイールに設けられている車輪速センサ40RLは左後輪10RLの車輪速VRLを示す信号を、それぞれ生成し、車両制御部38に供給する。また、アクセルセンサ42は、アクセルペダル（図示せず）の踏み込み量すなわちアクセル開度VAを示す信号を、ブレーキセンサ44は、ブレーキペダル56の踏み込み量すなわちブレーキ力FBを示す信号を、シフトポジションスイッチ46は、シフトレバー（図示せず）の投入レンジ（及びエンジンプレーキレンジ等では当該レンジ内でのシフトレバー位置）すなわちシフトポジションを示す信号を、それ

ぞれ発生させる。更に、センサ48は、操舵の状態や車両の運動状態等を検出するためのセンサ、例えば舵角センサであり、検出の結果を示す信号例えば舵角 δt を示す信号を発生させる。これらのセンサの出力は、いずれも、車両制御部38に入力されるにあたって、車両制御部38にて処理可能な形式のデータに変換される。車両制御部38は、変換後のデータを用いて、トルク指令TFR、TFL、TRR及びTRLの決定、制御方法の切り換え等を実行する。

10 【0014】また、図1では、前後左右各輪を油圧及び回生双方にて制動する制動システムが用いられている。すなわち、ブレーキペダル56が踏まれると、これに応じてマスタシリンダ58にて発生した油圧が、車輪10FR、10FL、10RR及び10RLそれぞれに対応して設けられているホイールシリンダ60FR、60FL、60RR及び60RLに伝達され、対応するブレーキホイール62FR、62FL、62RR及び62RLに作用し、車輪10FR、10FL、10RR及び10RLに制動トルクが付与される。他方で、ブレーキセンサ44を用いて検出されたブレーキ力（マスタシリンダ58の油圧）FBに応じ車両制御部38が回生にかかるトルク指令TFR、TFL、TRR及びTRLを発生させる。従って、図1の車両における制動力配分は、図3に示されるようにブレーキ力FB（横軸の“ペダル入力”）の増大に伴い油圧回生双方が増大する配分となる。このように油圧系統と回生系統がブレーキセンサ44以降は分離しているため、油圧及び回生のいずれか一方がフェイルしたとしても他方にて車両を減速させることができる。更に、油圧系統にはポンプが設けられておらず、またバルブとしては油圧制動力を前後に配分するためのプロポーショニングバルブ59が設けられているのみであるので、例えば、回生にてまかなえる間は油圧を遮断するシステム等と比べ、システム構成が簡素になる。なお、油圧系統にポンプを設ける必要がなくまた油圧系統上のバルブの個数を最低限に抑えることができる理由の一つは、後述のように、モータ12FR、12FL、12RR及び12RLの出力トルクの制御を利用して走行安定性制御を行うという本実施形態の特徴的構成にある。

40 【0015】（2）車両制御部の機能

図4に、本実施形態における車両制御部38の機能をフローチャートにより示す。なお、本発明は、ハードロジックによってもまたソフトウェアによっても実施することができるが、以下の説明では手順の明示のためフローチャートを使用している。車両制御部38は、この図に示すように、まず車体速VSの検出を実行する（100）。車体速VSの検出手順としては様々な手順を採用することができるが、例えば、図5に示すような手順を採用するのが好ましい。図5においては、車両制御部38は、まずNs1ip、VS等の作業用変数をリセット

したうえで(200)、車輪10FR、10FL、10RR及び10RLのいずれかに関し、その車輪角加速度 $d\omega/dt$ を演算する(202)。車輪角加速度の演算式としては、次の式

$$【数1】d\omega/dt \leftarrow (1/R) \cdot dV/dt$$

を用いることができる。上式中、Rは車輪半径であり、V及び ω は、現在車輪角加速度を求めようとしている車輪にかかる車輪速及び車輪角速度である。車両制御部38は、このようにして求めた車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が所定のしきい値を上回っていないか(204)、その車輪についてはスリップ又はその傾向が生じていないと判定し、変数VSにその車輪の車輪速Vを積算する(206)。逆に、角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が所定のしきい値を上回っているのであれば、その車輪についてはスリップ又はその傾向が発生しているとみなすことができるため、スリップ又はその傾向が生じているとみなせる車輪(スリップ輪)の個数をカウントするための変数であるNs1ipを1インクリメントさせる(208)。車両制御部38は、ステップ206又は208を実行した後、その車輪の位置及び車輪速Vを内蔵するメモリ等に記憶する(210)。車両制御部38は、ステップ202~210にかかる手順を、全ての駆動輪について実行する(212)。

【0016】車両制御部38は、このようにして全ての駆動輪についてスリップ輪かそれとも非スリップ輪かの判定を行った後に、スリップ輪の個数Ns1ipが4に等しいか否かすなわち全ての駆動輪がスリップ又はその傾向を示しているのかそうでないかを判定する(214)。通常は、全ての駆動輪が同時にスリップ又はその傾向を示しはしないため、車両制御部38は、ステップ206の繰り返し実行によりVSに積算された値を4-Ns1ipすなわち非スリップ輪の個数にて除すことにより、車体速VSを算出する(216)。逆に、Ns1ip=4が成立しているときには、過去においてステップ210を実行した際に記憶した情報を利用して、最後にスリップし始めた駆動輪がどの車輪であるのかをサーチする(218)。車両制御部38は、このサーチの結果発見された駆動輪すなわち最後にスリップし始めた車輪が、スリップし始める直前に有していた車輪速Vの値を、車体速VSとして用いることとする(220)。

【0017】このように、本実施形態においては、原則として非スリップ輪の車輪速のみから車体速VSを求めることにより、車体速VSを比較的正確に決定することを可能にしており、ひいては後述する手順にて仮確定されるトルク指令値を適切なものとしている。また、4個の車輪全てがスリップ又はその傾向を示しているときにも、最後にスリップし始めた車輪がスリップし始める直前に有していた車輪速をもって車体速VSとしているため、比較的信頼性における車体速情報をトルク指令値の仮確定に利用することができる。ステップ216又は2

20実行後は、車両制御部38の動作は、図4に戻る。

【0018】図4においては、車体速VSを検出した後、まず操舵の状態や車両の運動状態に関する判定が実行される(102)。操舵の状態や車両の運動状態からみて必要があると認められるときには、車両制御部38は目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御(例えばすべり角度0制御)を実行する(104)。例えば、センサ48が舵角センサである場合には、検出される舵角 δt の絶対値が所定のしきい値以上であるときに、すなわち車両操縦者が操舵を行っているとき、操舵に伴う車体の走行不安定性の発生を防止乃至抑制すべく、目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御を実行する。

【0019】目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御の手順の一例を、図6に示す。図6に示す手順においては、車両制御部38は、まずアクセルセンサ42の出力に基づき判定できるアクセルオン/オフ状態、シフトポジションスイッチ46にて与えられるシフトポジション、センサ48から与えられる舵角 δt 及びこれに基づき算出できる $d\delta t/dt$ 等に基づき、結合係数群を選択している(300)。車両制御部38は、更に、各車輪毎に、車輪加速度 dV/dt を求めこれに基づき路面摩擦係数 μ を演算する(302)。車両制御部38は、路面摩擦係数 μ 及び舵角 δt に基づきかつステップ300にて選択した結合係数群を用いて補正係数kを車輪毎に決定する(304)。車両制御部38は、アクセルがオンしているときには(306)車輪速V、アクセル開度VA及びシフトポジションに基づき力行トルクマップから(308)、またアクセルがオフしているときには(306)車輪速V、ブレーキ力FB及びシフトポジションに基づき回生トルクマップから(310)、各車輪毎にトルク指令を仮確定する。力行トルクマップは例えば図7に示されるように回転数及びトルクが共に正の領域におけるモータの回転数トルク特性をあらわすマップであり、回生トルクマップは図8に示されるように回転数が正、トルクが負の領域におけるモータの回転数トルク特性を示すマップである。

【0020】車両制御部38は、ステップ308又は310にて仮確定したトルク指令にステップ304にて決定した補正係数を乗ずることによりトルク指令を決定し(312)、決定したトルク指令を対応するモータ制御部に出力する(314)。従って、ステップ300にて選択対象となる結合係数群の値や、ステップ304における補正係数kの設定手法次第では、目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御を実行しているときのトルク指令が採りうる範囲は、図9に示すようにアクセルオン時でも回生領域に属する値となることがありまたアクセルオフ時でも力行領域に属する値となることがある。このような制御を行うことで、本実施形態では、操舵時における車体の走行安定性を向上させている。

【0021】なお、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御に関しては、本願出願人が先に提案している特願平9-8693号の開示を参照されたい。また、目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御に代えて、車体に作用するヨーレイトを含め車両の運動状態を示す複数の状態量を用いて走行行安定性制御を実行する手法を採用してもよい。この手法に関しては、本願出願人が先に提案している特願平9-68571号を参照されたい。図6に示す手順を終了した後、車両制御部38の動作は、図4に戻る。車両制御部38は、この時点で終了要求が与えられていないかぎり（106）すなわち車両操縦者により図示しないイグニッションスイッチがオフされる等の操作が行われていないかぎり、ステップ100に戻り動作を繰り返す。終了要求が与えられているときには、所定の終了処理を実行して図4の手順を終了する（108）。

【0022】また、車体速VSを検出した後実行されるステップ102において、操舵の状態や車体の温度状態からみて目標ヨーレイト適合制御や目標すべり角度適合制御を実行する必要がないと認められる場合、車両制御部38は、原則として4WD制御にかかる手順を実行する（110）。車両制御部38は、この4WD制御110を開始するに際して、まず、車体速VSを検出する手順にて検出したスリップ輪の個数Ns1ipに関する判定・分類処理を実行する。すなわち、検出されたスリップ輪の個数Ns1ipが4に等しいときすなわち全ての駆動輪がスリップ又はその傾向を示しているときや（112）、スリップ輪の個数Ns1ipが3に等しいときすなわちスリップ又はその傾向を示していない駆動輪が1個しかないときには（114）、車両制御部38の動作は4WD制御110ではなくTRC/ABS相当制御に移行する（116）。また、スリップ輪の個数Ns1ipが2に等しいときすなわちスリップ又はその傾向を示していない駆動輪が2個存在しているときであっても（118）、検出されたスリップ輪が共に左側の車輪である場合や共に右側の車輪である場合には（120）、TRC/ABS相当制御へと移行する（116）。更に、前述のステップ102において目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御が必要とみられる状態であると判定されたときであっても、スリップ輪の個数Ns1ipが非0であるときすなわちいずれかの駆動輪がスリップ又はその傾向を示していると認められるときには（122）、やはりTRC/ABS相当制御へと移行する（116）。

【0023】TRC/ABS相当制御の手順の一例を、図10に示す。TRC/ABS相当制御を実行するに際しては、車両制御部38は、まず、各車輪の車輪速Vの高低や、アクセルオン/オフ等に応じて、結合係数群、制御定数群等を選択する（400）。ここでいう結合係数群は、後述の角加速度判定に使用するしきい値群を決

定するために使用する係数の集合であり、制御定数群は、フィードバックトルクを決定する際に使用する定数の集合である。車両制御部38は、アクセルがオンしているときには（402）車輪速V、アクセル開度VA及びシフトポジションに応じ力行トルクマップから（404）、アクセルがオフしているときには（402）車輪速V、ブレーキ力FB及びシフトポジションに応じ回生トルクマップから（406）、トルク指令を仮確定する。車両制御部38は、更に、アクセルがオンしているときには（402）アクセル開度VA及びステップ400にて選択した結合係数群とに基づき（408）、またアクセルがオフしているときには（402）ブレーキ力FBとステップ400にて選択した結合係数群とに基づき（410）、しきい値群を決定する。

【0024】車両制御部38は、ステップ408又は410にて決定したしきい値群を基準として、各車輪の角加速度 $d\omega/dt$ を分類する（412）。車両制御部38は、分類の結果に応じ、異なる演算式等を使用してフィードバックトルクを決定する。例えば、車輪角加速度 $d\omega/dt$ が第1の範囲に属するときには第1の演算式によるフィードバックトルク決定処理を（414-1）、第2の範囲に属するときには第2の演算式に基づくフィードバックトルク決定処理を（414-2）、第3の範囲に属するときには第3の演算式によるフィードバックトルク決定処理を（414-3）、・・・第nの範囲に属するときには第nの演算式に基づくフィードバックトルク決定処理を（414-n）というように、各車輪毎にその回転角加速度 $d\omega/dt$ の属する範囲に応じた演算式にてフィードバックトルクを決定する。更に、ステップ414-1、414-2、414-3、・・・414-nにかかる演算式中の定数は、ステップ400にて選択した制御定数群にかかる値とする。車両制御部38は、このようにして決定したフィードバックトルクを、ステップ404又は406にて仮確定したトルク指令値から減ずることによりトルク指令値を確定し（416）、確定したトルク指令値を対応するモータ制御部に出力する（418）。

【0025】このような手順を採用することによって、各駆動輪に作用するトルクを前述の図9に示した範囲内で適宜変動させることができ、在来エンジン車両におけるTRC/ABS制御に相当する機能を実現することができる。なお、可能な場合には、ABS相当制御の際に油圧を併用しても構わない。また、TRC/ABS相当制御に関しては、本願出願人の先提案にかかる特開平8-182119号公報や、特願平9-8693号による開示を、併せて参照されたい。図10に示す手順を終了した後、車両制御部38の動作は図4に示すステップ106に移行する。

【0026】車両制御部38は、目標ヨーレイト適合制御乃至目標すべり角度適合制御への移行条件やTRC/

10

20

30

40

50

ABS相当制御への移行条件がいずれも成立しないとき、すなわち舵角 δt の絶対値がしきい値以上となっており、スリップ輪の個数 $Nslip$ が2以下であって、かつ左側の2個の車輪又は右側の2個の車輪がいずれもスリップ輪となっていないときに、4WD制御110にかかる手順を実行する。

【0027】その際に、車両制御部38は、まず、スリップ輪の個数 $Nslip$ が1であるか否かを判定する(124)。通常の走行路では、 $Nslip=0$ であるので、車両制御部38の動作はステップ126及び128に移行する。ステップ126では、車両制御部38は、全ての駆動輪を配分輪として決定する。ここでいう配分輪とは、実際にトルク出力を配分する駆動輪である。ステップ128では、車両制御部38は、各配分輪に対するトルク出力の配分の比重を通常値に設定する。例えば、全ての駆動輪に対し、配分の比重=1を設定する。ただし、この配分の比重は、車両積載重量に応じて変化させてもよいし、車体の構造に応じて前後の車輪間で異なる所定比重としても構わない。

【0028】逆に、ステップ124において $Nslip=1$ であると判定したときや、ステップ120においてTRC/ABS相当制御への移行条件が成立していないと判定されたときには、車両制御部38スリップ輪以外の車輪を配分輪として決定する(130)。更に、実際にトルクを出力したときに車体重心を中心としたヨー方向のモーメントが新たに車体に作用することとならないよう、すなわち左右がバランスするように、各車輪に対する配分比重を調整する(132)。例えば、ステップ130において配分輪に選択されなかった駆動輪すなわちスリップ輪についてはトルク指令が与えられないよう配分比重を0とし、左側及び右側のうちスリップ輪が属する側の非スリップ輪の配分比重には、スリップしていなければスリップ輪に配分されるはずであったトルク出力に相当する配分比重を上乗せする。

【0029】車両制御部38は、ステップ128又は132を実行した後、アクセルがオンしていれば(134)車体速 VS 、アクセル開度 VA 及びシフトポジションに応じ力行トルクマップから(136)、アクセルがオフしていれば(134)車体速 VS 、ブレーキ力 FB 及びシフトポジションに応じ回生トルクマップから(138)トルク指令を仮確定する。車両制御部38は、ステップ136又は138を実行した後、ステップ128又は132にてあらかじめ設定乃至調整されている配分比重に応じて、ステップ136又は138にて仮確定したトルク指令値に調整を施し(例えば配分比重を乗算し)、これにより各車輪に対するトルク指令値を確定する(140)。車両制御部38は、ステップ142にて確定した各トルク指令値をそれぞれ対応するモータ制御部へと出力し(142)、その後ステップ106に移行する。

【0030】従って、本実施形態では、各車輪のスリップ状態に応じて、図11に示されるように、制御状態が切り替わる。まず、4個の車輪のうち1個のみがスリップしているときすなわち $Nslip=1$ であるときには、図11(a)に示されるように、スリップしていないければ当該スリップ輪にてさせるはずであったトルク指令が、このスリップ輪と同じ側にある他の駆動輪にて出力されることになる。尚、図11では、スリップ輪を右ハッチングであらわしている。また $Nslip=2$ であるときのうち、図11(b-1)又は(b-2)に示されるようにスリップ輪が左右に1個ずつ存在しているときには、左右1個ずつ残っている非スリップ輪にてトルク指令が実現される。さらに、図11(b-3)に示されるように、 $Nslip=2$ でありかつスリップ輪がいずれも左側(又は右側)にあるときには、TRC/ABS相当制御が実行される。更に、図11(c)に示されるように $Nslip=3$ であるときや、図11(d)に示されるように $Nslip=4$ であるときには、やはり、TRC/ABS相当制御が実行される。

【0031】このように、本実施形態によれば、各車輪におけるスリップ又はその傾向の発生状況、特にスリップ輪の個数や位置に応じて、車両制御部38による各モータ出力の制御モードや各車輪に対するトルク配分比重を切り換え又は変更するようにしているため、ホイールンモータ型の4輪駆動電気自動車において好適な4WD制御やTRC/ABS相当制御を実現し、走行安定性を維持改善することができる。

【0032】また、図5に示した車体速検出手順に、様々な変形を施すことが可能である。例えば図12に示す手順においては、スリップ輪の個数をカウントするための変数として $Nslip$ 及び $Nslip0$ という2種類のしきい値を用いている。そのうち変数 $Nslip$ は車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が第1のしきい値を上回っている駆動輪の個数をカウントするための変数であり(204A、208A)、変数 $Nslip0$ は車輪角加速度 $d\omega/dt$ の絶対値が第2のしきい値を上回っている駆動輪の個数をカウントするための変数である(204B、208A、208B)。ただし、ステップ204A及び204Bにて用いている第1のしきい値及び第2のしきい値は、第1のしきい値<第2のしきい値に設定しておく。更に、図5の手順中、ステップ214及び216に相当しているステップ214A及び216Bでは、 $Nslip$ が4に等しいか否かの判定ではなく $Nslip0$ が4に等しいか否かの判定を行い、また $VS=VS/(4-Nslip)$ の式ではなく $VS=VS/(4-Nslip0)$ の式を用いて車体速 VS を算出している。このようにすることで図4の手順において判定に供するスリップ輪の個数($Nslip$)と、車体速検出の際に車体速の演算基礎から除外する駆動輪の個数($Nslip0$)とを、別の値にすることができる。こ

れによって、より設計の自由度が高まる。また、図5に示す手順を図13に示すように変形しても構わない。図13に示す車体速検出手順においては、車輪角加速度 $d\omega/dt$ に関ししきい値より大きいとの判定条件が成立している駆動輪についても、ステップ206が実行される。更に、図5の手順におけるステップ216に相当するステップ216Bにおいては、ステップ204における条件を満たすスリップ輪ではなく、ステップ222において統計的にみて除外すべきであると判定された駆動輪が、車体速演算の基礎から除外されている。すなわち、ステップ222では、ステップ206においてその車輪速Vが変数VSに積算された車輪のうち、統計的にみて除外すべき車輪速Vを有する車輪、例えば他の車輪の車輪速に対して大きな差を有している車輪が検出され、ステップ216Bでは、除外すべきであることが検出された車輪の車輪速が変数VSから減算され、当該車輪を除いた駆動輪数によってこれを除すことにより、車体速VSが演算されている。このような手法によっても、同様の作用効果を得ることができる。

【0033】

【発明の効果】本発明の第1の構成によれば、非スリップ輪が車体の左側及び右側に少なくとも1個ずつあるときに、車体に新たなヨー方向モーメントが作用しないよう調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するようにしたため、ヨー方向モーメントの発生を防ぎながらmWDを実現でき、スリップ時における信頼性の高い走行安定性制御を実現できる。

【0034】本発明の第2の構成によれば、非スリップ輪が車体の左側に1個もないとき及び右側に1個もないときに、スリップ輪のスリップ状態に応じ調整を施した上で、各モータに対し出力トルク値を指令するようにしたため、TRC/ABS相当制御を制動用流体の圧力操作のための部材なしで実現でき、かつTRC/ABS相当制御が適切な状況下で動作するため、スリップ時における信頼性の高い走行安定性制御を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明を実施するのに適する電気自動車のシステム構成を示すブロック図である。

【図2】 ホイルインモータの構造の一例を示す断面図であり、図中右上の円内は一部拡大図である。

【図3】 図1のシステムにおける制動力配分を示す図である。

【図4】 車両制御部の動作手順を示すフローチャートである。

【図5】 車体速検出手順の一例を示すフローチャートである。

【図6】 目標ヨーレイト（すべり角度）適合制御手順の一例を示すフローチャートである。

【図7】 力行トルクマップの一例を示す図である。

【図8】 回生トルクマップの一例を示す図である。

【図9】 トルク出力範囲を示す図である。

【図10】 TRC/ABS相当制御手順の一例を示すフローチャートである。

【図11】 この実施形態におけるスリップ輪の位置及び個数に応じた制御手法の切り換え及び配分比重の設定を示す図であり、特に（a）は4個の車輪のうち1個がスリップしたときを、（b-1）～（b-3）は2個の車輪がスリップしたときを、（c）は3個の車輪がスリップしたときを、（d）は4個の車輪がスリップしたときを、それぞれ示す図である。

【図12】 車体速検出手順の他の一例を示すフローチャートである。

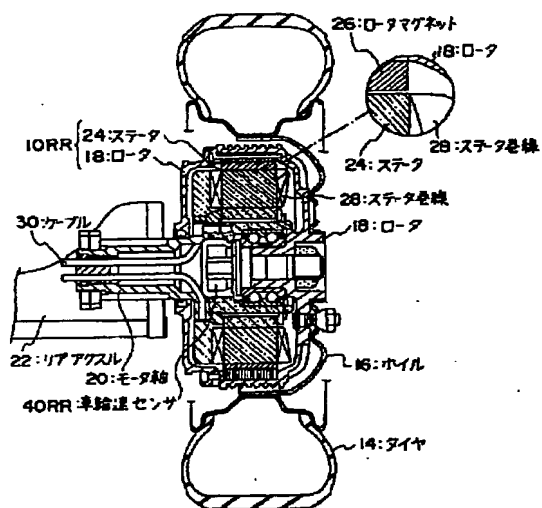
【図13】 車体速検出手順の他の一例を示すフローチャートである。

【符号の説明】

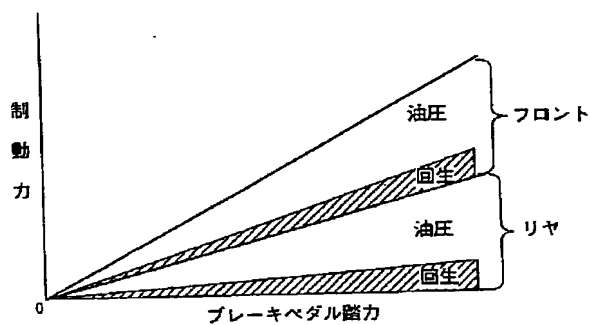
10FR 右前輪、10FL 左前輪、10RR 右後輪、10RL 左後輪、12FR、12FL、12RR、12RL モータ、32 バッテリ、34FR、34FL、34RR、34RL インバータ、36FR、36FL、36RR、36RL モータ制御部、38 車両制御部、40FR、40FL、40RR、40RL 回転センサ、V、VFR、VFL、VRR、VRL 車輪速、VS 車体速、Ns lip、Ns lip0 スリップ輪の個数、TFR、TFL、TRR、TRL トルク指令。

[illegible]

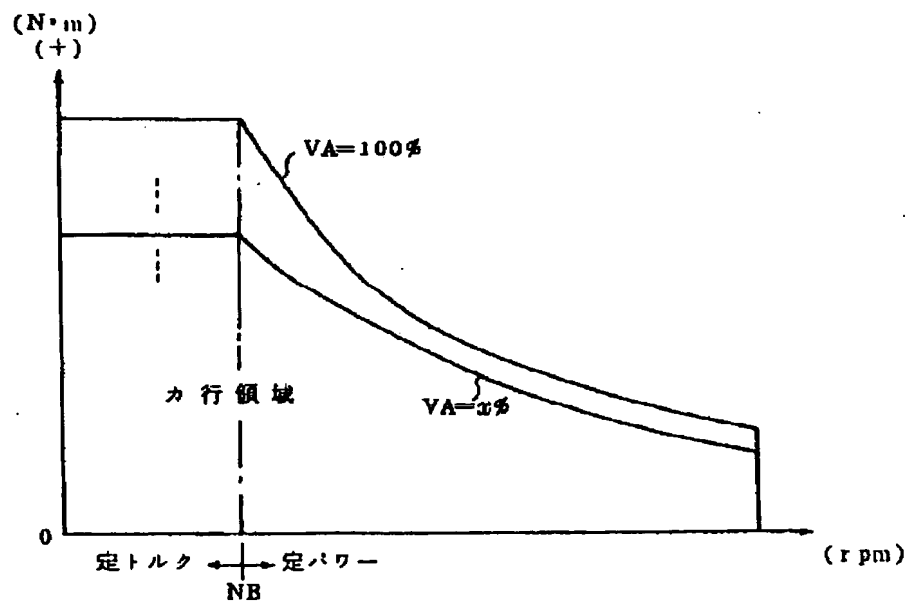
【図2】



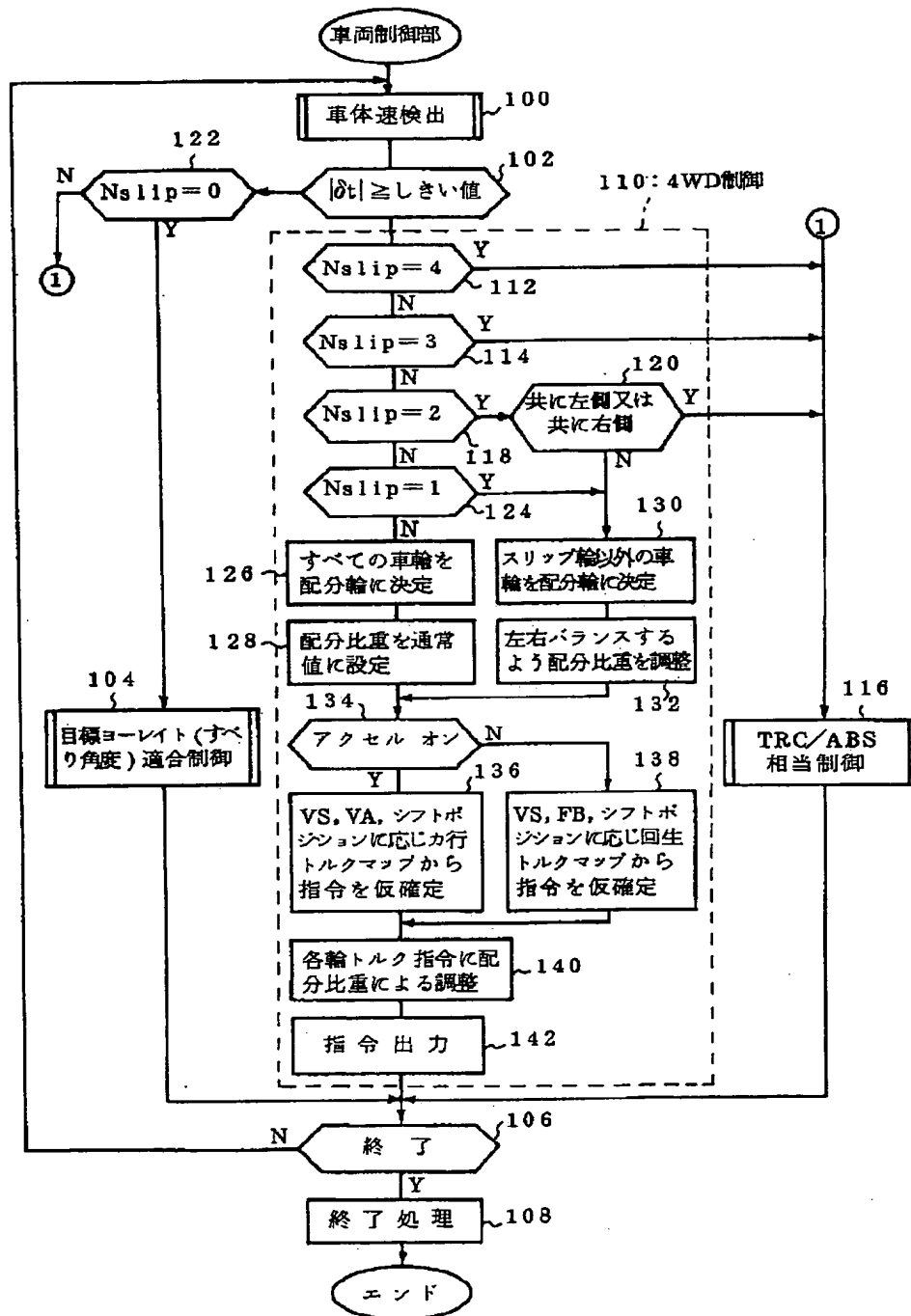
【図3】



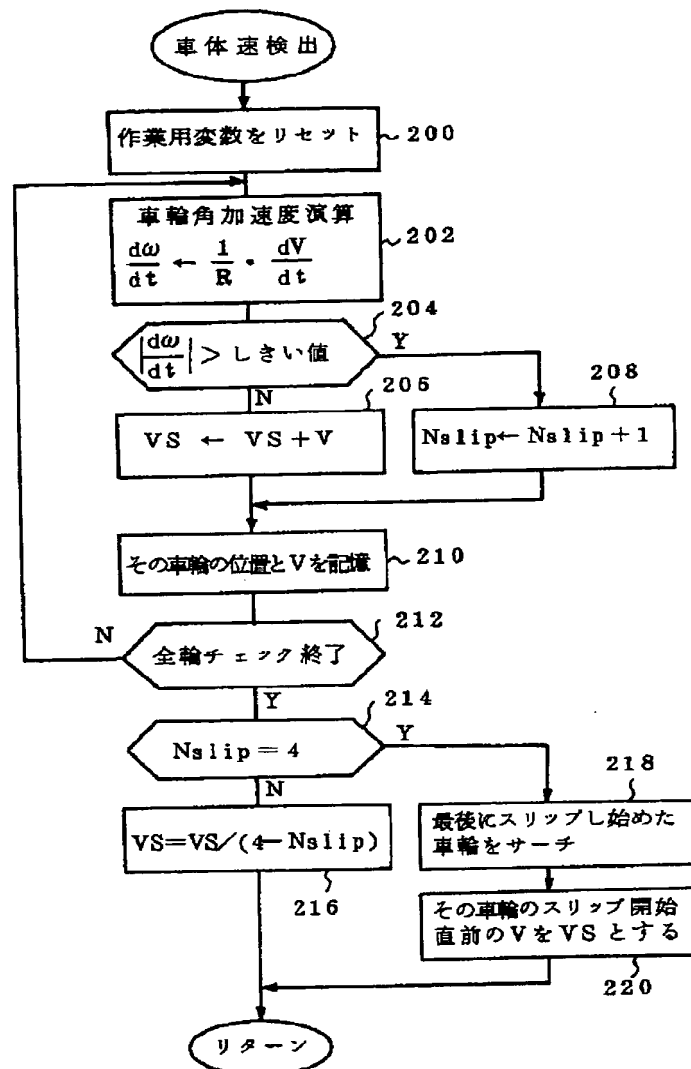
【図7】



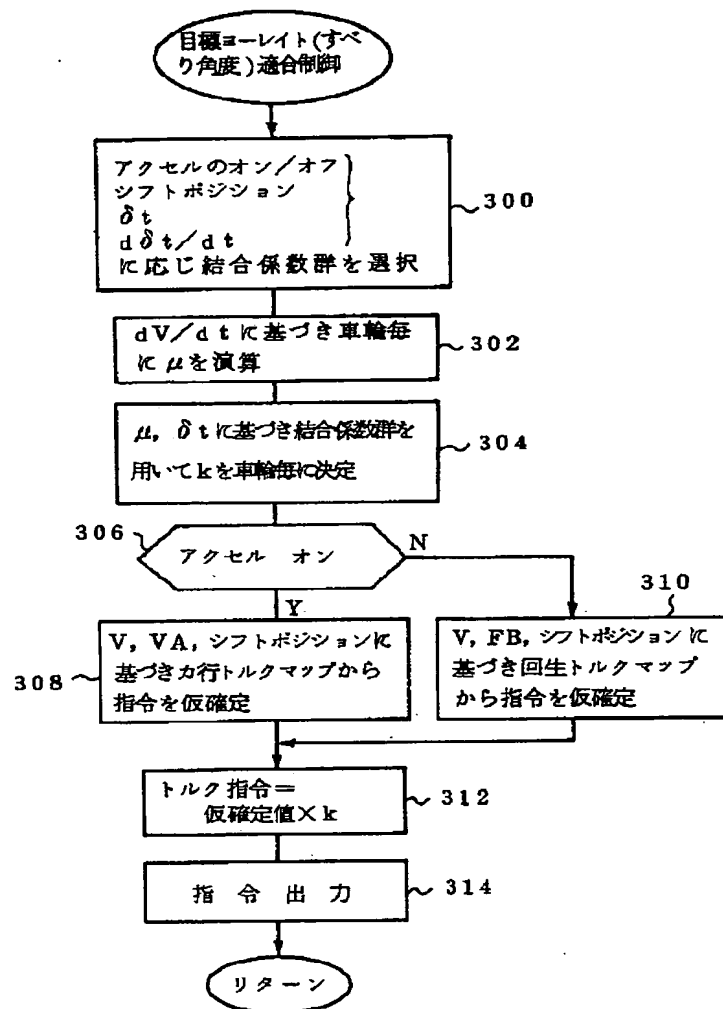
【図4】



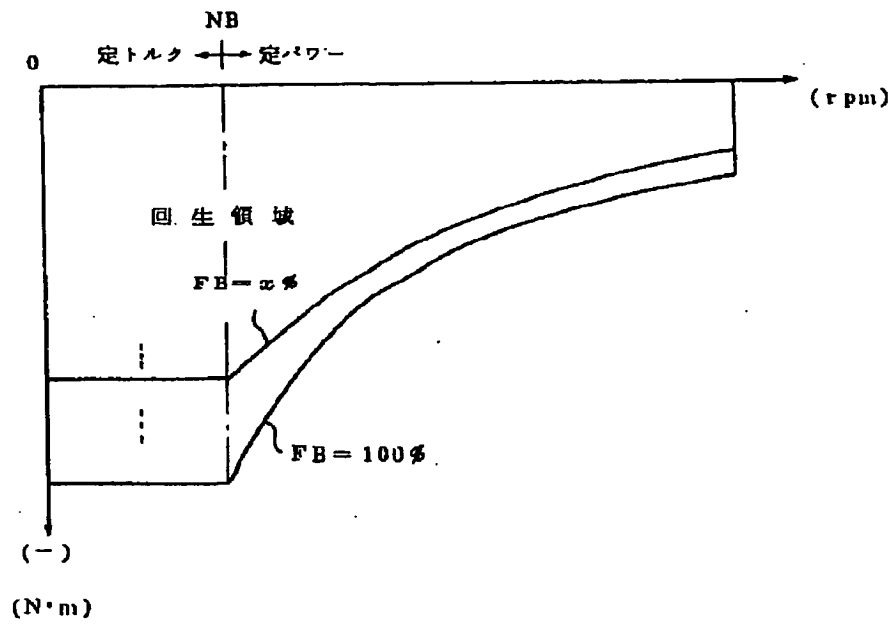
【図5】



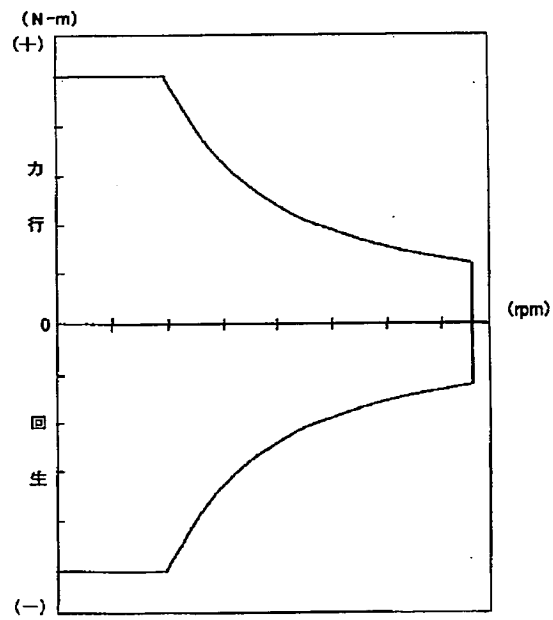
【図6】



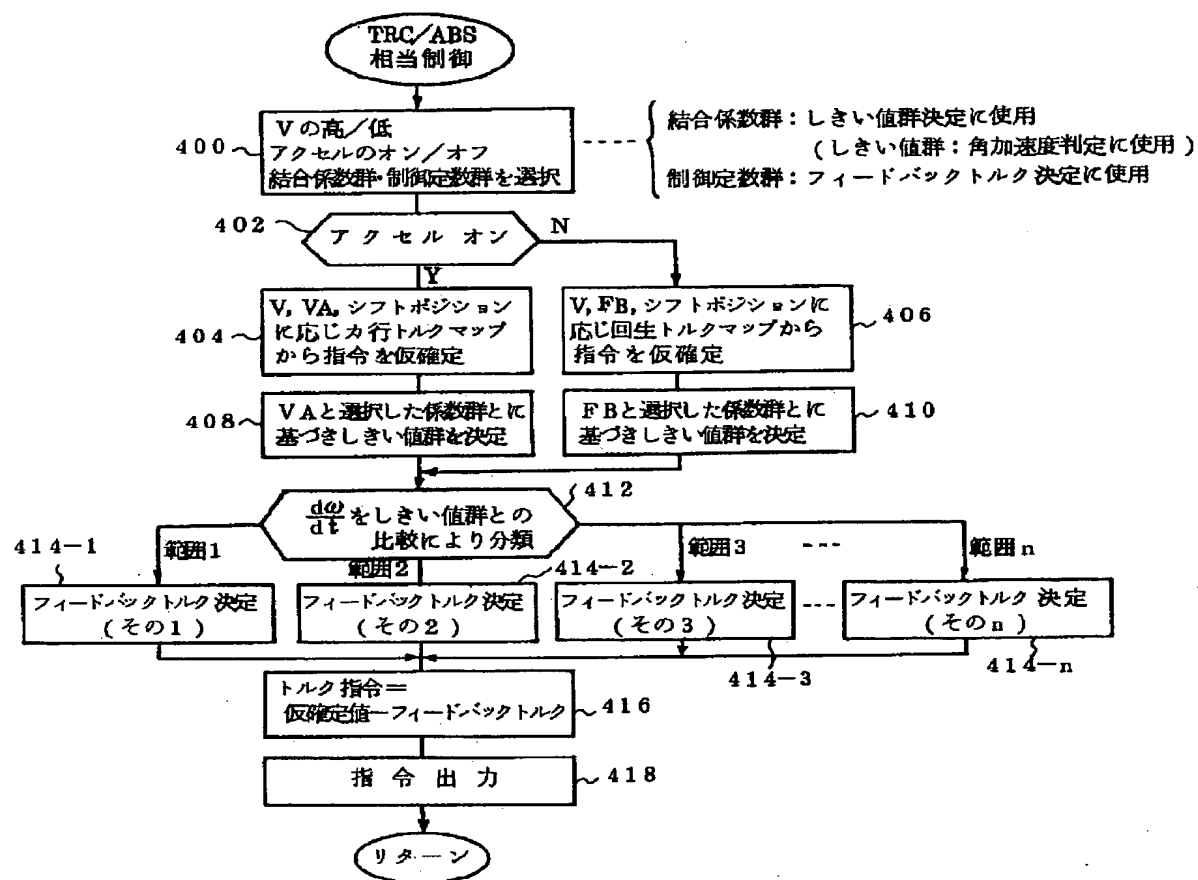
【図8】



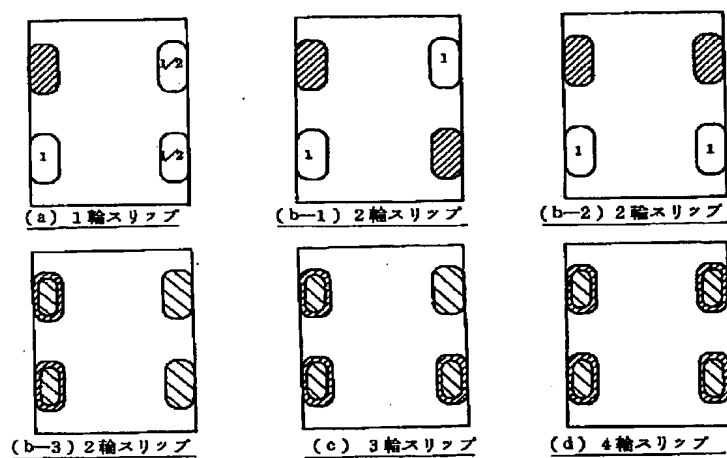
【図9】



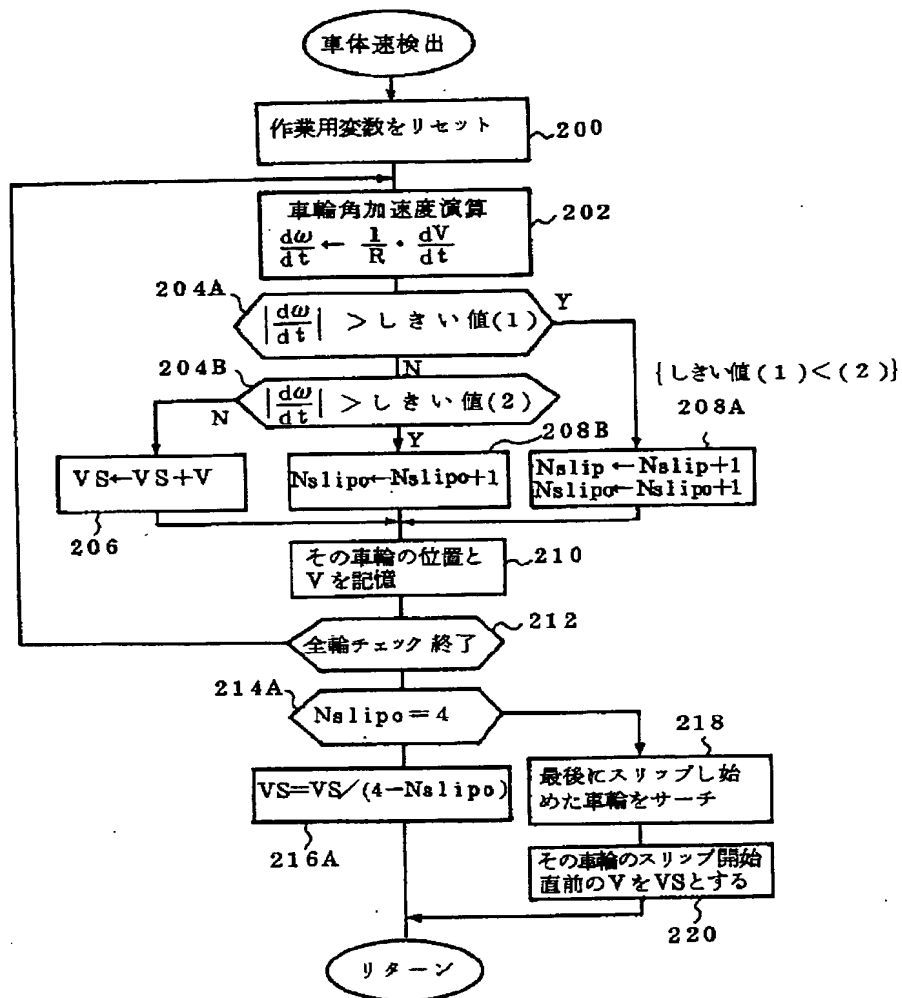
【図10】



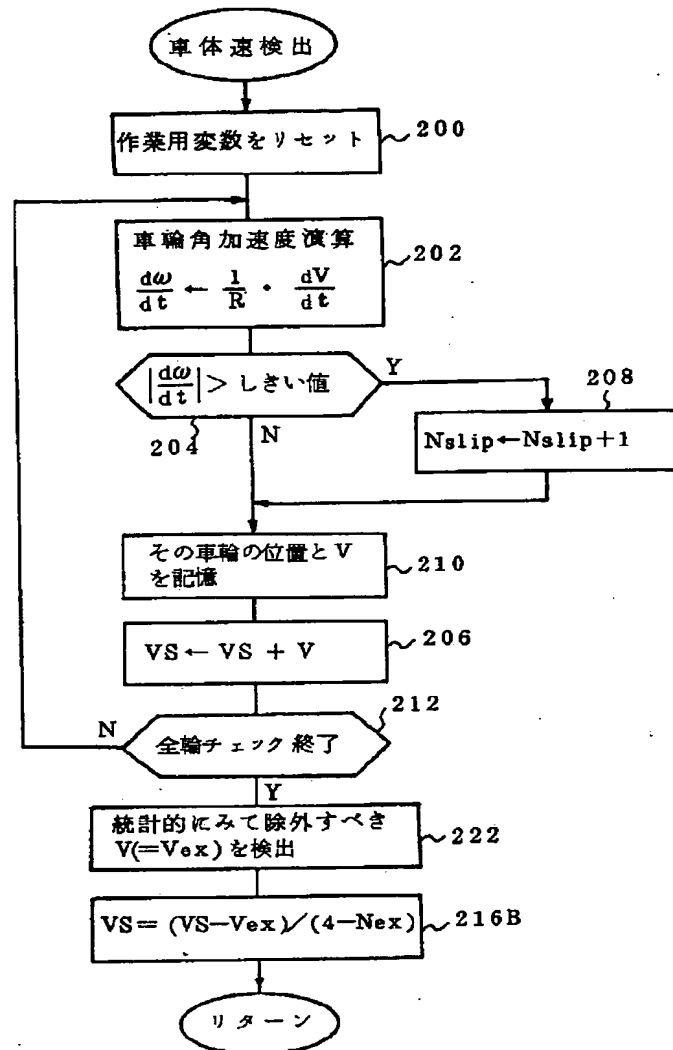
【図11】



【図12】



【図13】



THIS PAGE BLANK (USPTO)